

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. Oktober 2001 (25.10.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/80322 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 33/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01513

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. April 2001 (19.04.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 19 665.9 19. April 2000 (19.04.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH &  
CO. OHG** [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regens-  
burg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BOGNER, Georg**

[DE/DE]: Am Sandbühl 12, 93138 Lappersdorf (DE).  
**KÜGLER, Siegmund** [DE/DE]; Coulmiersstrasse 1, 93055  
Regensburg (DE). **NEUMANN, Gerald** [DE/DE]; Au-  
gustenstrasse 19, 93049 Regensburg (DE). **NIRSCHL,  
Ernst** [DE/DE]; Roither Weg 7a, 93173 Wenzelnbach (DE).  
**OBERSCHMID, Raimund** [DE/DE]; Minoritenweg 7  
B, 93161 Sinzing (DE). **SCHLERETH, Karl-Heinz**  
[DE/DE]; Akazienweg 21, 93133 Burglengenfeld (DE).  
**SCHOENFELD, Olaf** [DE/DE]; Kollwitz-Strasse 55,  
93055 Regensburg (DE). **STATH, Norbert** [DE/DE];  
Rosinusweg 11, 93049 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN & FISCHER**; Postfach  
12 10 26, 80034 München (DE).

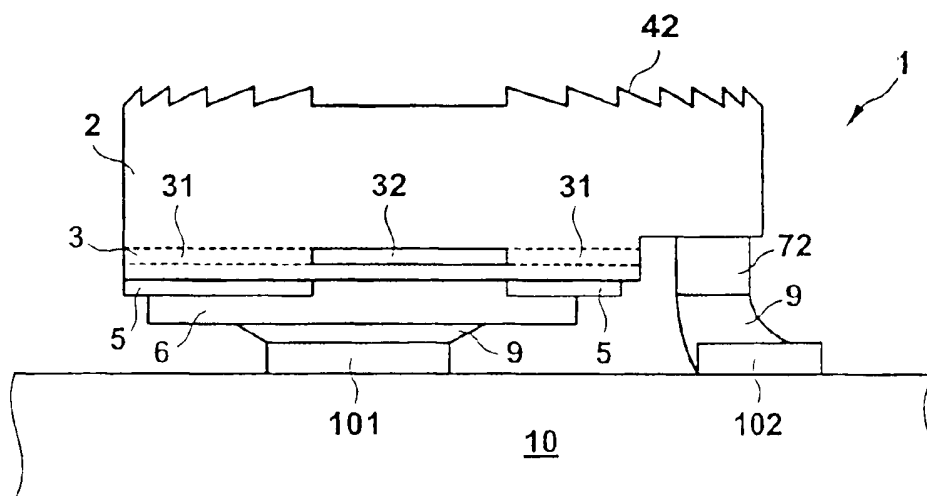
(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HIGH-RADIANCE LED CHIP AND A METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung: LUMINESZENZDIODENCHIP UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a high-radiance LED chip (1) comprising a radiation-emitting active region (32) and a win-  
dow layer (2). In order to increase the radiant yield, the cross-sectional surface of the radiation-emitting active region (32) is smaller  
than the cross-sectional surface of the window layer (2), which is made available for disengaging the light. The invention also relates  
to a method for producing a lens structure on the surface of a light emitting component.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/80322 A2

**Veröffentlicht:**

*ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Lumineszenzdiodechip (1) mit einem strahlungsemitierenden aktiven Bereich (32), und einer Fensterschicht (2), wobei zur Steigerung der Strahlungsausbeute die Querschnittsfläche des strahlungsemitierenden aktiven Bereich (32) kleiner als die zur Lichtauskopplung zur Verfügung stehende Querschnittsfläche der Fensterschicht (2) ist. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer Linsenstruktur auf der Oberfläche eines lichtemittierenden Bauelements.

## Beschreibung

## Lumineszenzdiodenchip und Verfahren zu dessen Herstellung

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Lumineszenzdiodenchip nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Herstellungsverfahren hierfür.

Halbleitermaterialien für Lumineszenzdiodenchips weisen zum  
10 Teil einen Brechungsindex von deutlich über 3 auf. Das bei herkömmlichen Lumineszenzdiodenbauelementen an den Chip angrenzende Medium, für gewöhnlich ist dies Luft oder Kunststoff, weist einen deutlich niedrigeren Brechungsindex auf. Der damit verbundene große Brechungsindexsprung an der Grenz-  
15 fläche zwischen Lumineszenzdiodenchip und angrenzendem Medium führt zu einem verhältnismäßig kleinen Grenzwinkel der Totalreflexion, so dass ein Großteil der in einem aktiven Bereich des Chips erzeugten elektromagnetischen Strahlung von dieser Grenzfläche in den Chip zurückreflektiert wird.

20 Aus diesem Grund wird nur ein sehr geringer Anteil der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung direkt aus dem Chip ausgekoppelt. Bei herkömmlichen Lumineszenzdiodenchips errechnet sich je ebene Auskoppelfläche ein Auskoppelanteil von nur  
25 wenigen Prozent.

In der US 5,233,204 ist zur Verbesserung der Lichtauskopplung aus Leuchtdiodenchips eine dicke transparente Schicht vorgeschlagen, die zusätzlich zu den lichterzeugenden Schichten  
30 epitaktisch aufgebracht wird und die den Lichtauskoppelanteil durch die Vorderseite des Chips erhöhen soll.

Weiterhin bekannt ist die Verwendung von hochbrechenden transparenten Vergussmassen, die jedoch unter anderem aus  
35 Kostengründen zu keiner verbreiteten Anwendung gefunden hat. Darüber hinaus weisen die besten bisher zur Verfügung stehenden Vergussmassen einen Brechungsindex von höchstens  $n=1,6$

auf, was noch einen zu hohen Sprung an der Auskoppelfläche des lichtemittierenden Halbleiterbauelements und damit hohe Reflexionsverluste zur Folge hat. Weiterhin haben die hochtransparenten Vergussmassen unerwünschte chemische und mechanische Eigenschaften, was die technische Massenanwendung ebenfalls einschränkt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Lumineszenzdiodechip zur Verfügung zu stellen, bei dem das Verhältnis von erzeugter zu ausgekoppelter Strahlung gegenüber herkömmlichen Chips verbessert ist und der in herkömmliche LED-Gehäusebauformen montierbar ist. Gleichzeitig soll ein Verfahren zu dessen Herstellung angegeben werden, das gegenüber herkömmlichen Verfahren zur Herstellung von Lumineszenzdiodechips nur einen geringen technischen Mehraufwand erfordert.

Diese Aufgabe wird durch einen Lumineszenzdiodechip mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 bzw. durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 22 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen des Lumineszenzdiodechips und des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 21 bzw. 23 bis 25.

Mit der Erfindung wird die Strahlungsausbeute bei einem Lumineszenzdiodechip durch Einengung des lichtemittierenden Bereichs auf eine Fläche, die kleiner ist als die Querschnittsfläche des Lumineszenzdiodechips, erhöht. Gegenüber der üblichen Ausbildung der lichtemittierenden Fläche über den gesamten Querschnitt des Lumineszenzdiodechips ist sogar Erhöhung der Auskopplung um mehr als 30% möglich.

Erfindungsgemäß ist ein Lumineszenzdiodechip mit einem strahlungsemitierenden aktiven Bereich mit einer lateralen Querschnittsfläche  $F_L$  und einer dem strahlungsemitierenden aktiven Bereich in Abstrahlungsrichtung nachgeordneten

strahlungsdurchlässigen Fensterschicht mit einem Brechungsindex  $n_s$ , die zur Lichtauskopplung eine laterale Querschnittsfläche  $F_c$  aufweist und die eine Auskoppelfläche besitzt, an die ein Medium mit dem Brechungsindex  $n_m$  angrenzt, vorgesehen, wobei die Querschnittsfläche  $F_L$  des strahlungsemittierenden aktiven Bereichs kleiner als die Querschnittsfläche  $F_c$  der Auskoppelfläche ist, so dass die Relation

$$F_L \leq \left( \frac{n_m}{n_s} \right)^2 \cdot F_c$$

erfüllt ist. Die Querschnittsfläche  $F_c$  bezieht sich dabei auf die zur Lichtauskopplung zur Verfügung stehenden oder zur Lichtauskopplung vorgesehenen Bereiche der Fensterschicht. Unter einer Fensterschicht ist hierbei sowohl eine einzelne Schicht als auch eine mehrschichtige Struktur zu verstehen, die insgesamt die Funktion einer Fensterschicht erfüllt.

Nach einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Lichtemissionsbegrenzungseinrichtung dergestalt ausgebildet ist, dass der Stromfluss innerhalb des Leuchtdiodenchips, insbesondere in und/oder durch die aktive Schicht, auf den lichtemittierenden Bereich begrenzt ist. Hierdurch kann besonders einfach die Emission des Lichts erfindungsgemäß auf einen kleineren Bereich beschränkt werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die für Dicke  $H$  der Fensterschicht gilt:

$$H < \left( \frac{n_s}{n_m} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot C$$

wobei  $C$  die laterale Querschnittslänge der Fensterschicht bzw. der Lichtaustrittsfläche,  $n_s$  den Brechungsindex des Materials der aktiven Schicht oder der Fensterschicht und  $n_m$  den Brechungsindex des an die Fensterschicht angrenzenden Materials ist. Der hierbei erzielte Vorteil liegt in einer weiteren Steigerung der ausgekoppelten Lichtmenge.

- Unter einer lateralen Querschnittslänge ist hier und im folgenden die charakteristische Ausdehnung der entsprechenden Querschnittfläche zu verstehen. Bei einer quadratischen Fläche beispielsweise ist dies die Seitenlänge, bei einer kreisförmigen Fläche der Durchmesser. Bei einer anderen Flächenform kann als laterale Querschnittslänge ein Wert herangezogen werden, der zwischen dem maximalen und dem minimalen durch den Flächenschwerpunkt verlaufenden Durchmesser liegt.
- 10 Vorzugsweise gilt für die Dicke H der an die aktive Schicht angrenzenden Fensterschicht:

$$H = (C - D) \cdot \left( 2 \cdot \left( \frac{n_s}{n_m} \right) \right)^{-1}$$

- wobei C die laterale Querschnittslänge der Fensterschicht, D die laterale Querschnittslänge des lichtemittierenden Bereiches der aktiven Schicht,  $n_s$  der Brechungsindex der zu durchstrahlenden Fensterschicht und  $n_m$  der Brechungsindex des an die Fensterschicht angrenzenden Materials ist. Bis zu dieser Höhe wird eine Totalreflexion an den Seitenflächen der Fensterschicht weitgehend vermieden, so dass eine Auskopplung der erzeugten Strahlung durch die Seitenflächen möglich ist.

- Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besteht der lichtemittierende Bereich aus mehreren, in regelmäßigem Abstand zueinander angeordneten Teilleuchtbereichen (33 bis 35) der aktiven Schicht (3), wobei für die Gesamtfläche  $F_L$  der Teilleuchtbereiche gilt:

$$\sum_i F_{Li} = F_L \leq \left( \frac{n_m}{n_s} \right) \cdot F_C$$

- wobei  $F_C$  die Querschnittsfläche bzw. die Grundfläche der Fensterschicht und somit die Lichtaustrittsfläche,  $F_{Li}$  die Flächen der einzelnen Teilleuchtbereiche,  $n_s$  der Brechungsindex der aktiven Schicht oder der Fensterschicht und  $n_m$  der Bre-

5

chungsindex des an die Fensterschicht angrenzenden Materials ist. Hierdurch wird in ebenso vorteilhafter Weise wie bei einem zentralen lichtemittierenden Bereich der aktiven Schicht die Lichtauskopplung aus dem Leuchtdiodenchip optimiert. Dem folgend gilt vorteilhafterweise für die Dicke H der Fensterschicht:

$$H = p \cdot A$$

wobei A der regelmäßige Abstand der einzelnen Teilleuchtbereiche und p ein zwischen 0,5 und 5 wählbarer Faktor ist.

10

Mit Vorteil ist eine das aus dem Leuchtdiodenchip austretende Licht bündelnde optische Einrichtung vorgesehen, die auf der Oberfläche der Fensterschicht ausgebildet ist. Hierdurch kann die Form des austretenden Lichtbündels bestimmt und die Auskopplung durch geeignete Material- und Formwahl weiter gesteigert werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die optische Einrichtung durch eine oder mehrere, vorzugsweise sphärische, Linse(n) ausgebildet ist, deren Mittelpunkt über dem Schwerpunkt des lichtemittierenden Bereichs oder über jeweils dem Schwerpunkt der einzelnen Teilleuchtbereiche liegt.

Eine ebenso bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die optische Einrichtung durch eine oder mehrere Fresnel'sche Linse(n) ausgebildet ist, deren Mittelpunkt über dem Schwerpunkt des lichtemittierenden Bereichs oder über jeweils dem Schwerpunkt der einzelnen Teilleuchtbereiche liegt.

30

Vorzugsweise ist die optische Einrichtung auf der Oberfläche der Fensterschicht aufgesetzt oder aufgeformt oder aus der Fensterschicht selbst ausgebildet oder ausgeformt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Lichtemissionsbegrenzungseinrichtung durch eine Begrenzung der aktiven

Schicht gebildet, wobei die Leuchtfähigkeit der aktiven Schicht auf den lichtemittierenden Bereich beschränkt ist.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist, dass die  
5 Lichtemissionsbegrenzungseinrichtung durch eine auf oder an  
der aktiven Schicht ausgebildete Isolierungsschicht aus einem  
für das Emissionslicht der aktiven Schicht wenigstens teil-  
weise undurchsichtigem und/oder begrenzt durchscheinendem  
Material gebildet ist. Hierdurch kann die aktive Schicht, wie  
10 bisher üblich, als eine durchgehende Schicht im noch viele  
einzelne lichtemittierende Halbleiterbauelemente enthaltenden  
Wafer verlaufen.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht  
15 vor, dass die Lichtemissionsbegrenzungseinrichtung durch eine  
auf oder an der aktiven Schicht und zwischen der aktiven  
Schicht und einer Stromzuführung ausgebildeten Isolierungs-  
schicht gebildet ist, die die Stromzuführung bzw. den Strom-  
fluss zur bzw. durch die aktive Schicht in Bereichen außer-  
20 halb des lichtemittierenden Bereichs minimiert. Auch hierbei  
kann die aktive Schicht als eine durchgehende Schicht im noch  
viele einzelne lichtemittierende Halbleiterbauelemente ent-  
haltenden Wafer verlaufen.

25 Zweckmäßig besteht die Isolierungsschicht aus einer nichtlei-  
tenden Oxidschicht, die an der der Lichtaustrittsfläche ge-  
genüberliegenden Seite der Fensterschicht aufgebracht ist. Hier-  
durch kann die Maskierung der Stromzuführung in besonders  
einfacher und billiger Weise realisiert werden. Mit Vorteil  
30 wird die Oxidschicht durch eine Oxidierung des bereits vor-  
handenen Materials hergestellt.

Ebenso zweckmäßig ist die Lichtemissionsbegrenzungseinrich-  
tung durch die Formgestaltung der Stromzuführung dergestalt  
35 gebildet, dass die Stromzuführung nur in Kontakt-Bereichen in  
elektrisch leitenden Kontakt mit der aktiven Schicht steht.



Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine zweite Stromzuführung durch einen auf der Lichtaustrittsfläche oder auf der optischen diese nicht vollständig bedeckenden elektrischen Kontakt ausgebildet. Auf dieser kann in üblicher Weise ein Bonddraht zur Kontaktierung befestigt sein.

Ebenso vorteilhaft ist eine zweite Stromzuführung durch einen mit der Fensterschicht zwischen der aktiven Schicht und der Lichtaustrittsfläche verbundenen elektrischen Kontakt ausgebildet.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist eine zweite Stromzuführung durch einen der aktiven Schicht verbundenen elektrischen Kontakt ausgebildet.

Vorteilhaft sind die Stromzuführungen und/oder die Isolierungsschicht für das emittierte Licht reflektierend. Hierdurch ist die Lichtausbeute weiter durch Vermeidung von Verlusten erhöht.

Mit Vorteil ist eine Reflektionseinrichtung für das emittierte Licht auf der der Lichtaustrittsfläche abgewandten Seite der aktiven Schicht in oder auf der Fensterschicht oder der aktiven Schicht ausgebildet. Hierdurch ist wiederum die Lichtausbeute weiter durch Vermeidung von Verlusten erhöht. Dem folgend ist die Reflektionseinrichtung ein Bragg-Gitter.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Fensterschicht und/oder die optische Einrichtung wenigstens teilweise mit einer für das Emissionslicht durchlässigen Umhüllung versehen. Hierdurch wird das lichtemittierende Halbleiterbauelement vor Umwelteinflüssen geschützt. Eine vielen Anwendungen entsprechende äußere Formgebung ist somit ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Linienstruktur auf der Oberfläche eines Leuchtiodenchips sieht vor,

dass auf einer für den Lichtaus- bzw. -durchtritt vorgesehen  
Außenfläche des lichtemittierenden Bauelements die Linsen-  
struktur mittels eines Fräswerkzeuges oder eines Ätzver-  
fahrens aus dem lichtemittierenden Bauelement und in die Au-  
5    ßenfläche hinein geformt wird.

Ein weiterer bevorzugter Verfahrensschritt sieht vor, dass  
als Linsenstruktur eine sphärische Linse oder eine Fres-  
nel'sche Linse hergestellt wird.

10    Ein besonders vorteilhafter Verfahrensschritt sieht vor, ver-  
mittels einer geeignet geformten Vorrichtung zur Vereinzelung  
der noch im Waferverband befindlichen lichtemittierenden Bau-  
elemente bei der Trennung derselben die Linsenstruktur  
15    gleichzeitig mit der Vereinzelung herzustellen.

Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbil-  
dungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

20    Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung weiter  
erläutert. Im Einzelnen zeigen die schematischen Darstellun-  
gen in:

Figur 1    eine schematische Querschnitts-Darstellung eines  
25           bevorzugten Ausführungsbeispieles einer erfindungs-  
gemäßen lichtemittierenden Halbleiterdiode mit ei-  
nem lichtemittierenden Bereich der aktiven Schicht;

Figur 1a   eine schematische Querschnitts-Darstellung des Aus-  
30           führungsbeispieles aus Figur 1 in Blickrichtung X;

Figur 2    eine schematische Querschnitts-Darstellung eines  
weiteren bevorzugten Ausführungsbeispieles einer  
erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiter-  
35           diode mit einer Fresnel-Linsenstruktur;

Figur 3 eine schematische Querschnitts-Darstellung eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterdiode mit einer Fresnel-Linsenstruktur;

5

Figur 4 eine schematische Querschnitts-Darstellung eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterdiode mit mehreren emittierenden Teilleuchtbereichen und einer Mehrfachlinsenstruktur; und

10

Figur 5 eine schematische Querschnitts-Darstellung durch einen Wafer mit schon vereinzelt und noch zu vereinzeln den lichtemittierenden Halbleiterbauelementen und ein hierzu verwendetes Sägeblatt.

15

In den folgenden Figuren 1 bis 5 bezeichnen gleiche Bezugsziffern gleiche oder gleich wirkende Elemente.

20 In Figur 1 ist ein erfindungsgemäßer Leuchtdiodenchip 1 im Querschnitt dargestellt. Das Halbleiterbauelement setzt sich hierbei aus einer für das Emissionslicht strahlungsdurchlässigen Fensterschicht 2, einer das Licht emittierenden aktiven Schicht 3, einer optischen Einrichtung zur Formung des Austrittslichtbündels in Form einer Linse 41, einer Isolierungsschicht 5 als Lichtemissionsbegrenzungseinrichtung und einer ersten Stromzuführung 71 und einer zweiten Stromzuführung 6 zusammen. Die Fensterschicht 2 dient dabei zugleich als Substrat des Leuchtdiodenchips 1.

30

Der lichtemittierende Bereich 32 der aktiven Schicht 3 ist durch die Maskierung der Isolierungsschicht 5 in seiner Form und Größe beschränkt und bestimmt. Durch die Form der elektrischen Isolierung wird der Kontakt der flächig an der der Lichtaustrittsfläche 8 gegenüberliegenden Unterseite des lichtemittierenden Halbleiterbauelements 1 ausgebildeten Stromzuführung 6 an den Stellen mit dem Chip bzw. mit der ak-

35

10

tiven Schicht ermöglicht, oberhalb derer der lichtemittierende Bereich 32 liegt. Im Beispiel kommt als Material der Isolierungsschicht eine Oxidschicht zum Einsatz. Die Stromzuführung 6 kann hierbei durch flächig über der Isolierungsschicht 5 aufgebracht Metall ausgebildet sein. Durch die nicht zur Emission vorgesehenen Bereiche 31 der aktiven Schicht 3 fließt somit kein Strom, wodurch keine Lichtemission in diesen Bereichen stattfindet. Die zweite Stromspeisung erfolgt durch die auf der elektrisch leitenden Linse 41 in Form eines elektrischen Kontakts („Pad“) ausgebildete erste Stromzuführung 71, auf der ein Bond-Draht in üblicher Weise befestigt werden kann.

Das Emissionslicht aus dem lichtemittierenden Bereich 32 der aktiven Schicht 3, dessen Gesamtfläche  $F_L$  die bereits genannte Bedingung

$$F_L \leq \left( \frac{n_M}{n_S} \right)^2 \cdot F_C$$

erfüllt, durchstrahlt die Fensterschicht 2 mit dem Brechungsindex  $n_S$  und der Dicke  $H$ , wobei gilt:

20

$$H = (C - D) \cdot \left( 2 \cdot \left( \frac{n_S}{n_M} \right) \right)^{-1}$$

Nachfolgend wird das Emissionlicht an der Lichtaustrittsfläche 8 in den Linsenkörper 41 eingekoppelt und das Austrittslichtbündel entsprechend der Linsenformung gestaltet.

25

Für die Dicke der Fensterschicht ergibt sich beispielsweise für ein Chip mit der Seitenlänge  $C=300\mu\text{m}$  mit  $n_S/n_M=3,5$  im Optimalfall  $D=100\mu\text{m}$  und  $H=30\mu\text{m}$ . Beziehungsweise nach Bedingung

$$H < \left( \frac{n_S}{n_M} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot C$$

30  $H=500\mu\text{m}$ , was den maximal erlaubten Wert darstellt.

Hierbei ist vorteilhafterweise der Brechungsindex der Fensterschicht 2 und des Materials des Linsenkörpers 41 möglichst ähnlich, um die erwähnten Reflektionsverluste zu vermeiden. Am besten wird die optische Einrichtung aus der Fensterschicht 2 selbst hergestellt.

In Figur 1a ist das lichtemittierende Halbleiterbauelement 1 aus Figur 1 in Blickrichtung X dargestellt. Die aktive Schicht 3 nimmt hierbei die gesamte Querschnittsfläche  $F_c$  (im Rechenbeispiel von oben  $90.000 \mu\text{m}^2$ ) des Halbleiterbauelements ein. Der lichtemittierende Bereich 32 weist die Gesamtfläche  $F_L$  (im Rechenbeispiel von oben  $10.000 \mu\text{m}^2$ ) auf.

In Figur 2 ist der Querschnitt eines auf einer Platine 10 verlöteten erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterbauelements 1 dargestellt, wobei hier die Stromzuführungen 6 und 72 beide auf der Unterseite des Halbleiterbauelements 1 angebracht sind. Hierdurch ist eine einfachere Verlotung des lichtemittierenden Bauelements 1 mit auf einer Platine 10 ausgebildeten Lötflächen 101 und 102 mittels eines Lots 9 möglich. Hierdurch sind Lichtquellen in sog. SMD-Bauweise ermöglicht, wobei das lichtemittierende Halbleiterbauelement 1 kaum größer als das Chip selbst ist. Wiederum ist die aktive Schicht 3 flächig ausgebildet und der lichtemittierende Bereich 32 durch eine Isolierungsschicht 5 als Lichtemissionsbegrenzungseinrichtung bestimmt. Anstelle wie in Figur 1 einer Linse 41 findet hier als optische Einrichtung zur Veränderung des Austrittslichtbündels eine sogenannte Fresnel-Linse 42 Anwendung, die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens durch schnell rotierende Fräswerkzeuge oder geeignete Ätztechniken über dem lichtemittierenden Bereich 32 auf der Lichtsaustrittsoberfläche der Fensterschicht 2 ausgebildet wird.

In Figur 3 ist ein weiterer im Querschnitt dargestellter - verlöteter Leuchtdiodenchip 1 dargestellt, wobei mittels einer Stromzuführung 73 die Stromeinspeisung innerhalb der

aktiven Schicht 3 erfolgt. Als optische Einrichtung kommt hier eine nachträglich aufgeprägte Fresnel-Linse 43 zum Einsatz.

- 5 Figur 4 zeigt eine weitere Querschnittsdarstellung durch einen Leuchtdiodenchip 1, wobei mehrere lichtemittierende Bereiche 33 bis 35 vorgesehen sind, deren Gesamtfläche der einzelnen Flächen  $F_{Li}$  die Gesamtfläche  $F_L$  des lichtemittierenden Bereichs darstellten, die wiederum die o.g. Bedingung zum
- 10 Verhältnis der  $F_L$  zur Grundfläche  $F_C$  des Chips, und damit der Fläche der Lichtaustrittsfläche, erfüllt.

- Die Höhe H der zu durchstrahlenden Fensterschicht 2 ist hierbei als das 0,5- bis 5-fache des Abstandes A der einzelnen
- 15 Teilleuchtbereiche 33 bis 35 zu wählen. Im dargestellten Beispiel sind als optische Einrichtung zur Veränderung der Lichtbündelcharakteristik mehrere sphärische Linsen 44 vorgesehen, deren Mittelpunkt jeweils über dem Schwerpunkt eines Teilleuchtbereichs 33 bis 35 befindlich ist. Hier sind an-
- 20 stelle der Linsen 44 ebenso mehrere Fresnel'sche Linsen möglich.

- Die Fensterschicht 2 kann vorteilhafterweise auch eine gewachsene Epitaxieschicht aus einem für das emittierte Licht
- 25 durchsichtigem Material sein. Einzelne Epitaxieschichten oder auch das Epitaxie-Ausgangsmaterial, oft auch als das „Substrat“ im engeren Sinne der Epitaxie-Verfahrenstechnik bezeichnet, können ganz oder teilweise in bekannten Verfahren entfernt, z.B. abgeätzt werden. Ebenso ist es verfahrenstech-
- 30 nisch möglich verschiedene Materialschichten mechanisch und vor allem optisch „lückenlos“ miteinander zu verbinden, beispielsweise durch anodisches Bonden oder durch Aufeinanderpressen sehr ebener Oberflächen.

- 35 Die hier vorgestellten Strukturen können also auf sehr verschiedene Weise hergestellt sein.

In Figur 5 ist schließlich eine schematische Querschnittsdarstellung durch einen Wafer 501 mit schon vereinzelt 502 bis 504 und noch zu vereinzeln 505 bis 507 - Leuchtdiodenchips gezeigt. Die optischen Linsen 41 werden  
5 durch das entsprechend geformte um die Achse 511 rotierende Sägeblatt 510 gleichzeitig mit der Vereinzelung in die Oberfläche 508 des Wafers 501 hinein hergestellt.

Das Sägeblatt 510 weist in seinem Querschnitt einen dünneren,  
10 spitz zulaufenden Teil 512 und einen der herzustellenden Form der Linse (negativ) entsprechenden, sich verbreiternden Teil 513 auf. Das Sägeblatt kann auch so ausgestaltet sein, dass der spitz zulaufende Teil 512 kürzer ist, so dass in die Oberfläche eines Leuchtdiodenchips eine Mehrfachlinsen-  
15 Struktur eingebracht werden kann.

## Patentansprüche

1. Lumineszenzdiodechip (1) mit einem strahlungsemittierenden aktiven Bereich (32) mit einer lateralen Querschnittsfläche  $F_L$  und einer dem strahlungsemittierenden aktiven Bereich (32) in Abstrahlungsrichtung nachgeordneten strahlungsdurchlässigen Fensterschicht (2) mit einem Brechungsindex  $n_s$ , die zur Lichtauskopplung eine laterale Querschnittsfläche  $F_c$  aufweist und die eine Auskoppelfläche besitzt, an die ein Medium mit dem Brechungsindex  $n_M$  angrenzt,  
 5  
 10  
 dadurch gekennzeichnet,  
 dass die Querschnittsfläche  $F_L$  des strahlungsemittierenden aktiven Bereichs (32) kleiner als die Querschnittsfläche  $F_c$  der Auskoppelfläche ist, wobei gilt:

15

$$F_L \leq \left( \frac{n_M}{n_s} \right)^2 \cdot F_c$$

2. Lumineszenzdiodechip nach Anspruch 1,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 dass der strahlungsemittierende aktive Bereich (32), mittels  
 20 Begrenzung des Stromflusses auf die Fläche  $F_L$  des strahlungsemittierenden aktiven Bereichs (32) definiert ist.

3. Lumineszenzdiodechip nach einem der Ansprüche 1 und 2,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 25 dass für die Dicke  $H$  der Fensterschicht (2) gilt:

$$H < \left( \frac{n_s}{n_M} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot C,$$

wobei  $C$  die laterale Querschnittslänge der Fensterschicht (2) und somit der Lichtaustrittsfläche ist.

- 30 4. Lumineszenzdiodechip nach Anspruch 3,  
 dadurch gekennzeichnet, dass  
 für die Dicke  $H$  der Fensterschicht (2) gilt:



$$H = (C \cdot D) \cdot \left( 2 \cdot \left( \frac{n_M}{n_S} \right) \right)^{-1}$$

wobei D die laterale Querschnittslänge des strahlungsemittierenden aktiven Bereiches (32) ist.

- 5 5. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
 der strahlungsemittierende aktive Bereich aus mehreren, in  
 regelmäßigem Abstand zueinander angeordneten aktiven Teilbe-  
 reichen (33 bis 35) besteht, wobei für die Gesamtfläche  $F_L$   
 10 der Teilbereiche gilt:

$$\sum_i F_{Li} = F_L \leq \left( \frac{n_M}{n_S} \right) \cdot F_C$$

wobei  $F_{Li}$  die Flächen der einzelnen Teilbereiche bezeichnet.

6. Lumineszenzdiodenchip nach Anspruch 5,  
 15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
 dass für die Dicke H der Fensterschicht (2) gilt:

$$H = p \cdot A$$

wobei A der regelmäßige Abstand der einzelnen Teilbereiche  
 und p ein zwischen 0,5 und 5 wählbarer Faktor ist.

- 20 7. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
 dass auf der Fensterschicht (2) eine optische Einrichtung  
 (41, 42, 43, 44) zur Bündelung der elektromagnetischen Strah-  
 25 lung vorgesehen ist.

8. Lumineszenzdiodenchip nach Anspruch 7,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
 dass die optische Einrichtung durch eine Linse (41), deren  
 30 Mittelpunkt über dem Schwerpunkt des strahlungsemittierenden

aktiven Bereichs (32) liegt, oder durch mehrere Linsen (44), deren Mittelpunkte über dem Schwerpunkt eines jeweils zugeordneten aktiven Teilleuchtbereichs (33 bis 35) liegen, ausgebildet ist.

5

9. Lumineszenzdiodenchip nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Linsen (41,44) zumindest teilweise als Fresnel'sche Linsen (42, 43) oder als sphärische Linsen ausgebildet sind.

10

10. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche  $F_L$  bzw. Flächen  $F_{Li}$  des strahlungsemittierenden aktiven Bereichs (32, 33 bis 35) durch Beschränkung der Leuchtfähigkeit einer aktiven Schicht (3) auf die Fläche  $F_L$  bzw. Flächen  $F_{Li}$  des strahlungsemittierenden aktiven Bereichs (32, 33 bis 35) definiert ist.

15

11. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche  $F_L$  bzw. Flächen  $F_{Li}$  des strahlungsemittierenden aktiven Bereichs (32, 33 bis 35) durch eine auf oder an einer aktiven Schicht (3) ausgebildete Isolierungsschicht definiert ist, die aus einem für das Emissionslicht der aktiven Schicht wenigstens teilweise undurchsichtigem und/oder begrenzt durchscheinendem Material gebildet ist.

20

12. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche  $F_L$  bzw. Flächen  $F_{Li}$  des strahlungsemittierenden aktiven Bereichs (32, 33 bis 35) durch eine auf oder an einer aktiven Schicht (3) und zwischen der aktiven Schicht (3) und einer Stromzuführung (6) ausgebildeten Isolierungsschicht (5) definiert ist, die die Stromzuführung bzw. den Stromfluss zur bzw. durch die aktive Schicht (3) in Bereichen (31) außerhalb des lichtemittierenden Bereichs (32, 33 bis 35) minimiert.

30

35

17

13. Lumineszenzdiodenchip nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Isolierungsschicht (5) aus einer nichtleitenden  
Oxidschicht besteht, die an der der Lichtaustrittsfläche (8)  
5 des Chips gegenüberliegenden Seite aufgebracht ist.

14. Lumineszenzdiodenchip nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass eine zweite Stromzuführung (71) durch einen auf der  
Lichtaustrittsfläche (8) oder auf der optischen Einrichtung  
(41, 42, 43, 44) diese nicht vollständig bedeckenden elektrischen  
Kontakt ausgebildet ist.

15 15. Lumineszenzdiodenchip nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine zweite Stromzuführung (72) durch einen mit der Fensterschicht (2) verbundenen und auf der der Lichtaustrittsfläche (8) abgewandten Seite der Fensterschicht (2) angeordneten elektrischen Kontakt ausgebildet ist.

16. Lumineszenzdiodenchip nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass eine zweite Stromzuführung (73) durch einen der aktiven Schicht verbundenen elektrischen Kontakt ausgebildet ist.

17. Lumineszenzdiodenchip nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Stromzuführungen (6, 71, 72, 73, 74) und/oder die Isolierungsschicht (5) für das emittierte Licht reflektierend sind.

35 18. Lumineszenzdiodenchip nach einem der vorangehenden Ansprüche,

18

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass eine Reflektionseinrichtung für das emittierte Licht auf  
der der Lichtaustrittsfläche (8) abgewandten Seite der akti-  
ven Schicht (3) in oder auf der Fensterschicht (2) oder der  
5 aktiven Schicht (3) ausgebildet ist.

19. Lumineszenzdiodechip nach Anspruch 18,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Reflektionseinrichtung ein Bragg-Gitter ist.

10

20. Lumineszenzdiodechip nach einem der vorangehenden An-  
sprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Fensterschicht (2) und/oder die optische Einrichtung  
15 (41, 42, 43, 44) wenigstens teilweise mit einer für das Emis-  
sionslicht durchlässigen Umhüllung versehen ist.

21. Lumineszenzdiodechip nach einem der vorangehenden An-  
sprüche,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass es eine lichtemittierende Diode (LED) ist.

22. Verfahren zur Herstellung einer Linsenstruktur auf der  
Oberfläche eines lichtemittierenden Bauelements insbesondere  
25 nach einem der Ansprüche 1 bis 24,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass auf einer für den Lichtaus- bzw. -durchtritt vorgesehen  
Außenfläche (8) des lichtemittierenden Bauelements (1) die  
Linsenstruktur (42, 43) mittels eines Fräs- oder Sägewerk-  
30 zeuges oder eines Ätzverfahrens aus dem lichtemittierenden  
Bauelement (1) und in die Außenfläche (8) hinein geformt  
wird.

23. Verfahren zur Herstellung einer Linsenstruktur nach An-  
spruch 22,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass als Linsenstruktur eine sphärische Linse (41) oder eine Fresnel'sche Linse (42, 43) hergestellt wird.

24. Verfahren zur Herstellung einer Linsenstruktur nach Anspruch 22 oder 23,  
5       d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Linsenstruktur mittels einem durch ein Säge-  
(510) oder Fräswerkzeug zur und bei der Vereinzelung der noch  
im Waferverband befindlichen einzelnen lichtemittierenden  
10       Bauelemente hergestellt wird.

25. Verfahren zur Herstellung einer Linsenstruktur nach Anspruch 24,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
15       dass das Säge- (510) oder Fräswerkzeug ein schmales Teil  
(512) zur Trennung der einzelnen Halbleiterbauelemente (502  
bis 507) vom Waferverband (501) und ein der herzustellenden  
Form der Linse (41) entsprechend geformtes Teil (513) zur  
Herstellung der Linse (41) aufweist.

1 / 4

Fig 1

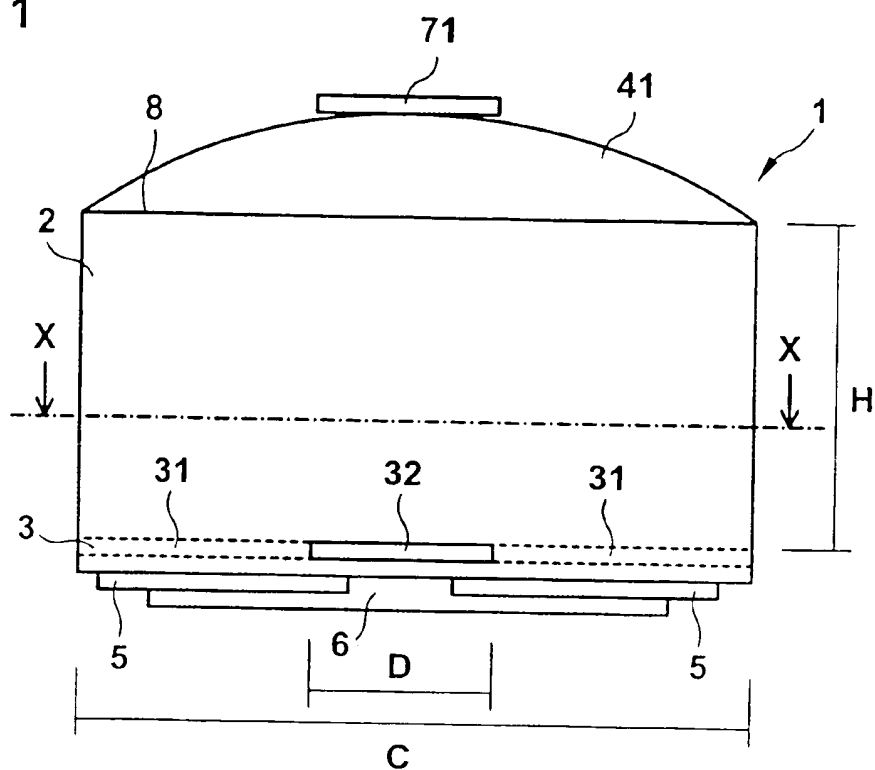
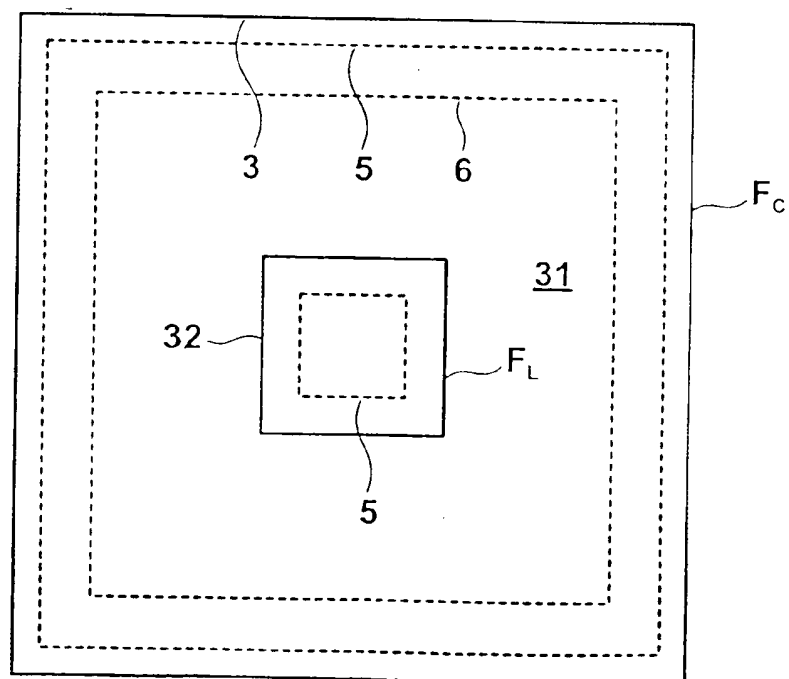


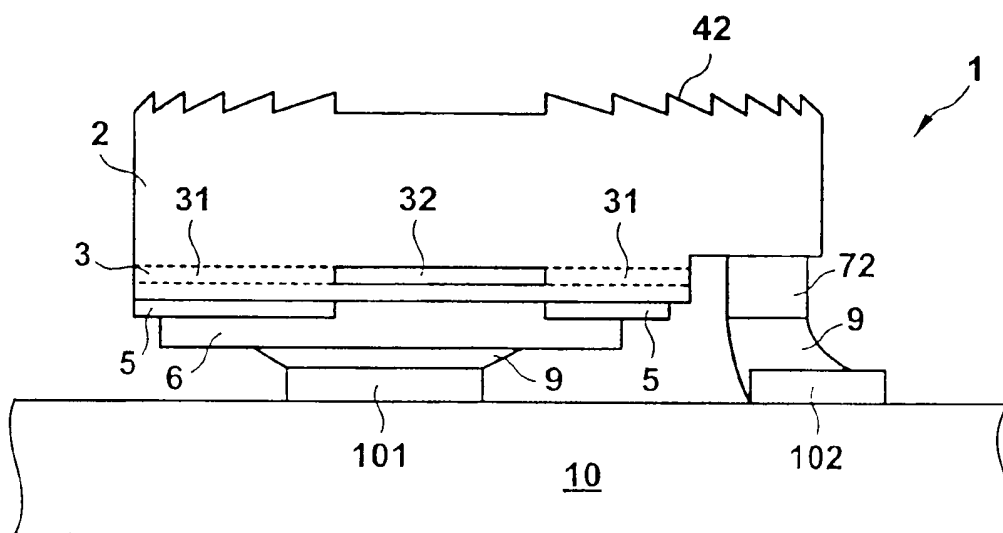
Fig 1a

X:



2 / 4

Fig 2



3 / 4

Fig 3

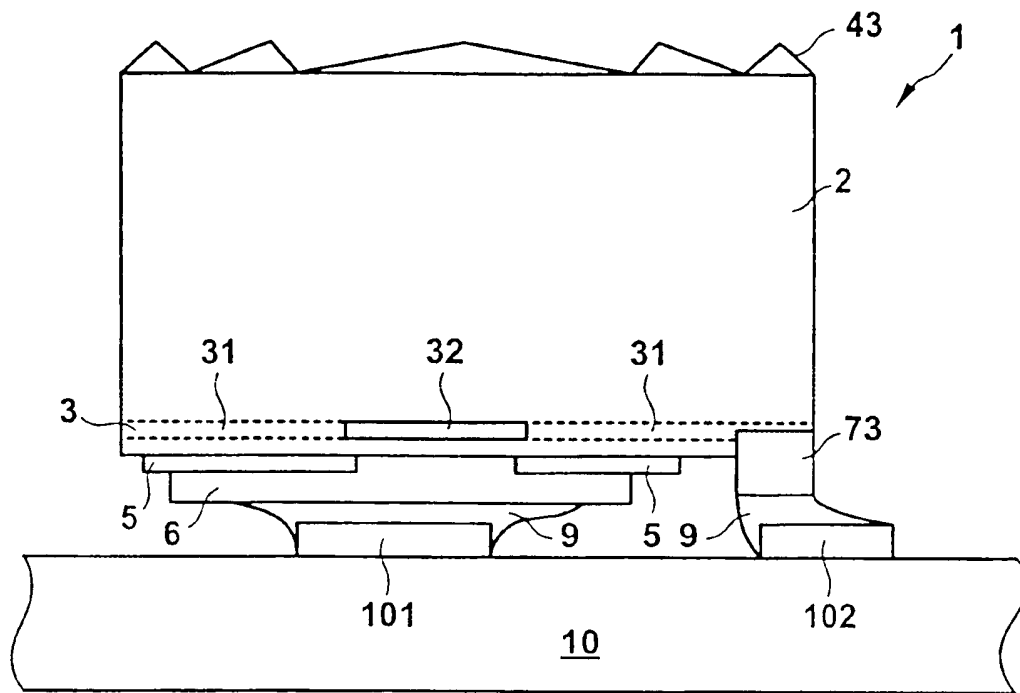
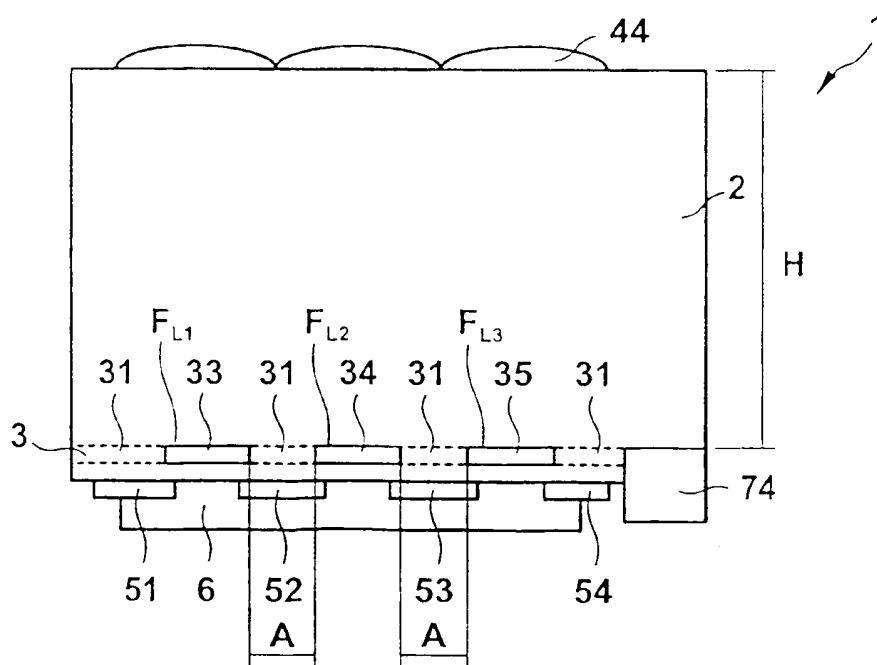


Fig 4





4 / 4

Fig 5

